

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/KR2003/002006

International filing date: 30 September 2003 (30.09.2003)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: KR
Number: 10-2003-0050740
Filing date: 23 July 2003 (23.07.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 15 October 2003 (15.10.2003)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office

출 원 번 호 : 10-2003-0050740
Application Number

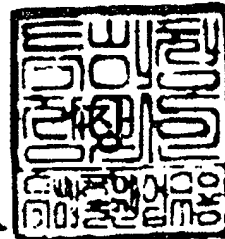
출 원 일 자 : 2003년 07월 23일
Date of Application JUL 23, 2003

출 원 인 : 엘에스전선 주식회사
Applicant(s) LS Cable Ltd.

2003 년 10 월 08 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【권리구분】 특허

【수신처】 특허청장

【제출일자】 2003.07.23

【발명의 국문명칭】 고속, 대용량의 파장분할다중화 시스템에 적합한 광섬유,
이를 이용한 광전송선 및 광통신 시스템

【발명의 영문명칭】 OPTICAL FIBER AND OPTICAL TRANSMISSION LINE USING THE
SAME, AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

【출원인】

【명칭】 엘지전선 주식회사

【출원인코드】 1-1998-000283-2

【대리인】

【성명】 이상용

【대리인코드】 9-1998-000451-0

【포괄위임등록번호】 2001-018766-3

【대리인】

【성명】 김상우

【대리인코드】 9-2000-000210-2

【포괄위임등록번호】 2001-018768-8

【발명자】

【성명의 국문표기】 박혜영

【성명의 영문표기】 PARK, Hye-Young

【주민등록번호】 760127-2005115

【우편번호】 100-042

【주소】 서울특별시 중구 남산동2가 19번지 16호

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 문준호
【성명의 영문표기】 MUN, Jun-Ho
【주민등록번호】 710823-1063120
【우편번호】 445-971
【주소】 경기도 화성군 태안읍 기안리 우림아파트 102동 905호
【국적】 KR
【심사청구】 청구
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다.

대리인 이상용 (인)

대리인 김상우 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 11 면 11,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 27 항 973,000 원

【합계】 1,013,000 원

【첨부서류】 1. 요약서 · 명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 파장분할 다중(WDM: Wavelength Division Multiplexing) 전송시스템에 사용되는 광전송선으로서 적합한 광섬유에 관한 것으로서, 특히 S-C-L밴드(1460 ~ 1625nm)에 걸쳐서 고속, 대용량의 신호전송이 가능하도록 낮은 분산 기울기와 충분한 분산값 및 큰 유효단면적을 갖는 단일모드 광섬유에 관한 것이다.

본 발명의 광섬유는 사용 파장대가 1460 ~ 1625nm이고, 1460nm에서 0.1 ~ 3.0ps/nm-km(보다 바람직하게는, 0.3 ~ 2.4ps/nm-km)의 분산값을 갖고, 1550nm에서 3.0 ~ 5.5ps/nm-km(보다 바람직하게는, 3.2 ~ 5.2ps/nm-km)의 분산값을 가지며, 1625nm에서 4.5 ~ 8.0ps/nm-km(보다 바람직하게는, 4.8 ~ 7.7ps/nm-km)의 분산값을 갖는다. 또한, 본 발명의 광섬유는 1550nm에서의 분산 기울기가 0.023 ~ 0.05ps/nm-km² 이고, 1550nm에서의 유효 단면적이 35 ~ 50 μm^2 이며, 1460nm에서의 유효 단면적이 35 ~ 50 μm^2 인 것이 바람직하다.

따라서, 본 발명의 광섬유는 S-C-L 밴드에 걸쳐서 신호광을 전송하더라도 비선형 현상과 신호왜곡을 최대한 억제하는 것이 가능해진다.

【대표도】

도 1

【색인어】

WDM, 분산값, 분산 기울기, 유효단면적, 차단파장

【명세서】

【발명의 명칭】

고속, 대용량의 파장분할다중화 시스템에 적합한 광섬유, 이를 이용한 광전송선 및 광통신 시스템 {OPTICAL FIBER AND OPTICAL TRANSMISSION LINE USING THE SAME, AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM}

【도면의 간단한 설명】

- <1> 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다
- <2> 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 광섬유의 굴절율 프로파일 구조도이다.
- <3> 도 2 내지 도 4는 광섬유의 분산과 유효 단면적에 따른 전송특성(Q)의 변화를 도시한 그래프이다.
- <4> 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 광섬유의 파장별 분산 특성을 도시한 그래프이다.
- <5> 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 실시예에 따른 광섬유의 파장별 모드 필드경을 도시한 그래프이다.
- <6> 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 실시예에 따른 광섬유의 파장별 유효 단면적을

도시한 그래프이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<7> 본 발명은 파장분할 다중(WDM: Wavelength Division Multiplexing) 전송시스템에 사용되는 광전송선으로서 적합한 광섬유에 관한 것으로서, 특히 S-C- L밴드(1460 ~ 1625nm)에 걸쳐서 고속, 대용량의 신호전송이 가능하도록 낮은 분산 기울기와 충분한 분산값 및 큰 유효단면적을 갖는 단일모드 광섬유에 관한 것이다.

<8> 파장분할다중(WDM) 전송시스템의 경우 전송 속도를 증가시키거나 채널 간격을 줄이거나 또는 전송 파장대를 넓히는 것에 의해 전송 용량을 효과적으로 증대시킬 수 있다.

<9> 근래에 이르러 시스템 전송속도는 2.5Gb/s에서 10Gb/s로 증가하였으며, 수년 후에는 40Gb/s의 전송 시스템이 상용화될 예정이다. 전송 속도를 증가시키기 위해서는 채널 당 파워를 높여야 하는데 이와같이 채널 당 파워를 높이면, 잡음과 광섬유내 비선형성이 증가하여 전송 특성이 저하된다.

<10> 전송 속도 40Gb/s로 장거리 전송하는 시스템은 기존의 EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier) 대신에 라만 증폭기를 사용하여 잡음을 줄일 수 있다. 또한, 분산에 의한 신호왜곡 시스템의 허용 공차는 전송 속도와 역제곱 관계에 있으므로 전송 속도가 4배 증가하면 수신단에서의 허용 공차가 1/16로 줄어든다. 따라서, 전송

속도가 40Gb/s인 시스템에서는 전송 채널의 누적 분산이 허용공차를 초과하지 않도록 정밀한 분산 보상이 요구되며, 이를 위해 분산 보상 광섬유의 RDS(Relative Dispersion Slope)는 전송경로로 사용되는 광섬유의 RDS와 유사해야 한다.(여기서, RDS는 분산 기울기를 분산으로 나눈 값)

<11> 전송 용량을 증대시키기 위하여 시스템의 채널 간격이 200GHz(1.6nm), 100GHz(0.8nm)에서 50GHz(0.4nm) 이하로 좁아지고 있다. 그러나, 채널 간격이 좁아질 경우 사중파 혼합(Four Wave Mixing)이나 상호 위상 변조(Cross Phase Modulation)와 같은 비선형 현상에 의해 신호 왜곡이 발생한다. 특히, 광섬유의 분산이 작아 위상정합 조건에 근접할 경우 사중파 혼합에 의한 크로στο크(Cross Talk) 파워가 발생하여 신호가 왜곡된다.

<12> 크로στο크 파워 세기는 시스템의 채널당 파워, 채널간격, 광섬유의 분산, 유효 단면적과 관련 있다. 크로στο크 파워 세기를 줄이기 위해서 채널당 파워를 줄이게 되면, OSNR(Optical Signal Noise Ratio)이 나빠져서 전송거리가 짧아지기 때문에 장거리 전송시 시스템의 비용이 증가된다.

<13> 또한, 광섬유의 분산이 클수록 크로στο크 파워 세기는 줄어들지만, 사용하는 분산 보상 광섬유의 길이가 광섬유의 분산에 비례하여 길어지기 때문에 손실이 증가한다. 따라서, 시스템 특성에 따라 광섬유의 분산을 최적화할 필요가 있다.

<14> 또한, 광섬유의 유효단면적은 단위 면적당 광세기를 나타낸 것으로 유효 단면적이 클수록 비선형 현상 억제에 유리하다.

<15> C-밴드(1530 ~ 1565nm), L-밴드(1565 ~ 1625nm) 이외의 파장대를 사용하여

전송 용량을 증가시키는 경우, L-밴드 보다 장파장대를 사용하는 것은 광섬유의 구부림 손실을 증가시키기 때문에 바람직하지 않다. 따라서, C-밴드 보다 단파장대에 속하는 S-밴드(1460 ~ 1530nm)를 사용하는 것이 유리하다. 그러나, 이 경우에는 전송 파장대에서의 사중파 혼합을 억제하기 위해서 1460nm 파장 부근에서 충분한 분산값을 가져야 한다.

<16> 또한, 광섬유의 분산 기울기가 낮은 경우에는 장파장대에서의 분산을 작게 할 수 있기 때문에 넓은 파장에 걸쳐 분산 보상없이 전송 가능한 거리를 증가시킬 수 있다.

<17> WDM 전송 시스템의 환경이 변화하면서 이에 적합한 다양한 광섬유가 제안되었다.

<18> 미국 특허 제 5,327,516 호는 종래의 분산 이동 광섬유가 1550nm 파장대에서 거의 영에 가까운 분산을 가져 사중파 혼합이 크게 발생함으로써 전송 특성이 저하되는 것을 개선하기 위하여 1550nm 파장대에서 1.5 ~ 4ps/nm-km 범위의 분산을 갖는 광섬유를 제안하고 있다. 그러나, 상기 516'호 특허에서 제안된 광섬유는 전송 속도 5Gb/s 이상, 채널 간격 1.0 ~ 2.0nm, 4채널 이상으로 360km 무중계 전송하는 시스템에 사용하기 위한 것으로서, 채널 간격이 1.0nm 이하인 시스템에 사용할 경우 비선형성이 증가하여 사중파 혼합이나 상호위상변조에 의한 신호왜곡으로 인해 전송 특성의 저하가 우려된다.

<19> 또한, 미국 특허 제 5,835,655 호는 영분산 파장을 전송 파장대에서 벗어나

도록 이동시키고, 비선형 현상을 억제하기 위해 유효 단면적을 $70\mu\text{m}^2$ 이상으로 증가시킨 광섬유를 제안한다. 이 655'호 특허의 광섬유는 유효 단면적이 $70\mu\text{m}^2$ 이상으로 비선형 현상의 억제가 가능하며, 영분산 파장이 1500 ~ 1540nm 또는 1560 ~ 1600nm 파장 구간에 위치하기 때문에 C-밴드내에서의 사중파 혼합에 의한 신호 왜곡을 억제할 수 있다. 그러나, 유효 단면적이 커지면 분산 기울기가 높아진다. 또한, 분산 기울기가 커지면 장파장대에서의 분산값이 커지기 때문에 분산 보상 없이 전송 가능한 파장대가 좁아진다.

<20> 미국 특허 제 6,396,987 호는 전송 속도가 40Gb/s인 시스템에서 일반 단일 모드 광섬유 보다 분산 보상 비용을 줄일 수 있는 광섬유를 제안한다. 즉, 987'호 특허의 광섬유는 1550nm 파장에서 분산이 6 ~ 10ps/nm-km이고, 분산 기울기가 $0.07\text{ps/nm}^2\text{-km}$ 이하 이며, 유효 단면적이 $60\mu\text{m}^2$ 이상이다. 이 경우 영분산 파장이 1460nm 부근 즉, 라만 증폭 펌프 파장 부근에 위치하기 때문에 펌프 파장대에서의 사중파 혼합에 의한 신호 왜곡이 우려된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<21> 본 발명은 WDM 전송 시스템에 채용되는 광전송선으로서 적합한 광섬유를 제공한다.

<22> 또한, 본 발명은 고속(40Gb/s 이상), 대용량(채널간격 50GHz 이하)의 시스템에서 저손실로 신호왜곡 없이 장거리 전송이 가능할 수 있도록 분산, 분산 기울기

및 유효 단면적이 최적화된 광섬유를 제공한다.

<23> 또한, 본 발명은 넓은 파장대(S-C-L 밴드)에서 분산 보상 없이 장거리 전송이 가능한 광섬유를 제공한다.

<24> 또한, 본 발명은 상술한 광섬유를 이용하는 광전송선 및 이 광전송선을 채택하는 광통신 시스템을 제공한다.

<25> 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기에 설명될 것이며, 본 발명의 실시예에 의해 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 첨부된 특허청구범위에 나타난 수단 및 조합에 의해 실현될 수 있다.

【발명의 구성】

<26> 본 발명의 일 양태로서의 광섬유는 광 중심축에 위치하고 상대적으로 높은 굴절율을 갖는 코어영역과, 이 코어영역을 둘러싸고 상대적으로 낮은 굴절율을 갖는 클래드 영역으로 구성된다.

<27> 상기 코어영역은 (a) 광중심축에 위치하고, 광중심축으로부터의 반경이 r_1 이고, 비굴절율차가 Δ_1 인 제 1 코어영역과; (b) 상기 제 1 코어영역을 둘러싸고, 광중심축으로부터의 반경이 r_2 이고, 비굴절율차가 Δ_2 인 제 2 코어영역과; (c) 상기 제 2 코어영역을 둘러싸고, 광중심축으로부터의 반경이 r_3 이고, 비굴절율차가 Δ_3 인 제 3 코어영역으로 이루어지고, 상기 클래드영역은 상기 제 3 코어영역을 둘러싸고, 광중심축으로부터의 반경이 r_4 이고, 비굴절율차가 Δ_4 이다.

<28> 도 1에 도시된 바와같이, 상기 각 영역의 반경은 $r_1 < r_2 < r_3 < r_4$ 의 관

계를 가지고, 상기 각 영역의 비굴절율차는 $\Delta_1 > \Delta_2$, $\Delta_2 < \Delta_3$ 의 관계를 가진다.

<29> (여기서, $\Delta_1(\%) = [(n_1 - n_c)/n_c] \times 100$, $\Delta_2(\%) = [(n_2 - n_c)/n_c] \times 100$, $\Delta_3(\%) = [(n_3 - n_c)/n_c] \times 100$, n_1 : 제 1 코어영역의 굴절율, n_2 : 제 2 코어영역의 굴절율, n_3 : 제 3 코어영역의 굴절율, n_c : 클래드영역의 굴절율)

<30> 또한, 본 발명의 광섬유는 사용 파장대가 1460 ~ 1625nm이고, 1460nm에서 0.1 ~ 3.0ps/nm-km(보다 바람직하게는, 0.3 ~ 2.4ps/nm-km)의 분산값을 갖고, 1550nm에서 3.0 ~ 5.5ps/nm-km(보다 바람직하게는, 3.2 ~ 5.2ps/nm-km)의 분산값을 가지며, 1625nm에서 4.5 ~ 8.0ps/nm-km(보다 바람직하게는, 4.8 ~ 7.7ps/nm-km)의 분산값을 갖는다.

<31> 또한, 본 발명의 광섬유는 1550nm에서의 분산 기울기가 0.023 ~ 0.05ps/nm-km²이고, 1550nm에서의 유효 단면적이 35 ~ 50 μm^2 이며, 1460nm에서의 유효 단면적이 35 ~ 50 μm^2 인 것이 바람직하다.

<32> 따라서, 본 발명의 광섬유는 S-C-L 밴드에 걸쳐서 신호광을 전송하더라도 비선형 현상과 신호왜곡을 최대한 억제하는 것이 가능해진다.

<33> 또한, 본 발명의 광섬유는 차단파장이 1450nm 이하이고, 영 분산파장이 1460nm 이하에 존재하며, 1625nm 파장에서 구부림 반경 30mm, 100turns 조건에서

구부림 손실이 0.5dB 이하이다.

<34> 본 발명의 다른 일 양태는 상술한 광섬유를 이용한 광전송선 및 이 광전송선을 광전송 경로의 적어도 일부로 채용하는 광통신 시스템에 관한 것이다.

<35> 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

<36> 전송속도 40Gb/s, 채널 간격 100GHz, 채널수 16, 전송 거리 240km, 채널당 파워 5dBm인 시스템에서 광섬유의 분산과 유효 단면적에 의한 전송 특성 Q의 변화를 살펴보기 위하여 전송 시뮬레이션을 실시하였으며, 그 결과를 도 2에 나타내었다.

<37> 광섬유의 분산 범위는 1 ~ 15ps/nm-km, 유효 단면적 범위는 $30 \sim 60 \mu\text{m}^2$ 이다.

도 2에서 광섬유가 유효 단면적 $45 \mu\text{m}^2$ 이상, 분산 4 ~ 17ps/nm-km 범위를 만족할 경우 전송 특성 Q가 6이상임을 알 수 있다.

<38> 라만 증폭시 전송 특성의 저하 없이 채널당 파워를 낮출 수 있으며, 채널당 파워가 낮은 경우 광섬유는 분산과 유효 단면적이 작아도 비선형 현상을 억제할 수 있다. 채널당 파워가 낮은 40Gb/s 전송 시스템에서의 광섬유 분산과 유효 단면적에 의한 전송 특성 변화를 살펴보기 위하여 채널 간격 100GHz, 채널수 16, 전송거리 240km, 채널당 파워 2dBm로 전송 시뮬레이션을 실시하였으며, 그 결과를 도 3에 나타내었다.

<39> 광섬유의 분산 범위는 1 ~ 15ps/nm-km, 유효 단면적 범위는 $30 \sim 60 \mu\text{m}^2$ 이다.

도 3에서 광섬유의 분산이 2ps/nm-km 이상, 유효 단면적 $30\mu\text{m}^2$ 이상일 경우 전송 특성 Q가 6이상의 값을 가짐을 알 수 있다. 따라서, 최적화를 통해 채널당 파워를 낮춘 경우 광섬유의 분산과 유효 단면적이 작아져도 동일한 전송 특성을 가질 수 있다.

<40> 채널 간격이 좁은 경우 광섬유의 분산과 유효 단면적에 의한 전송 특성 Q의 변화를 살펴 보기 위해 전송 속도 10Gb/s , 채널 간격 50GHz , 채널수 32, 전송거리 240km , 채널당 파워 0dBm 인 시스템에서 전송 시뮬레이션을 실시하였으며, 그 결과를 도 4에 나타내었다. 광섬유의 분산 범위는 $1 \sim 15\text{ps/nm-km}$, 유효 단면적 범위는 $30 \sim 60\mu\text{m}^2$ 이다. 도 4에서 광섬유가 분산 2ps/nm-km 이상, 유효 단면적 $35\mu\text{m}^2$ 이상인 경우 Q값은 6이상의 값을 가짐을 알 수 있다.

<41> 위의 결과를 종합해보면, 전송 속도 10Gb/s , 채널 간격 50GHz 인 시스템 또는 채널당 파워가 낮은 40Gb/s 인 시스템에 적합한 광섬유는 사용 파장대에서 유효 단면적은 $35\mu\text{m}^2$ 이상이며, 분산이 2ps/nm-km 이상이어야 한다.

<42> 실시예 1

<43> (1) 반경 : $r_1=3.05\mu\text{m}$, $r_2=5.38\mu\text{m}$, $r_3=9.96\mu\text{m}$

<44> (2) 비굴절율차 : $\Delta_1(\%)=0.54\%$, $\Delta_2=-0.20\%$, $\Delta_3=0.07\%$

<45> (3) 분산

<46> $1460\text{nm} : 0.3\text{ps/nm-km}$, $1530\text{nm} : 2.6\text{ps/nm-km}$, $1550\text{nm} : 3.2\text{ps/nm-km}$,

<47> $1625\text{nm} : 5.3\text{ps/nm-km}$

<48> (4) 분산 기울기

<49> 1550nm : $0.028\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$

<50> (5) 모드필드경(MFD)

<51> 1460nm : $7.1\mu\text{m}$, 1530nm : $7.5\mu\text{m}$, 1550nm : $7.6\mu\text{m}$, 1625nm : $8.1\mu\text{m}$

<52> (6) 유효 단면적

<53> 1460nm : $40\mu\text{m}^2$, 1530nm : $44\mu\text{m}^2$, 1550nm : $45\mu\text{m}^2$, 1625nm : $50\mu\text{m}^2$

<54> 실시예 2

<55> (1) 반경 : $r_1=3.05\mu\text{m}$, $r_2=5.75\mu\text{m}$, $r_3=10.79\mu\text{m}$

<56> (2) 비굴절율차 : $\Delta_1(\%) = 0.55\%$, $\Delta_2 = -0.18\%$, $\Delta_3 = 0.09\%$

<57> (3) 분산

<58> 1460nm : $0.7\text{ps}/\text{nm-km}$, 1530nm : $2.7\text{ps}/\text{nm-km}$, 1550nm : $3.2\text{ps}/\text{nm-km}$,

<59> 1625nm : $4.9\text{ps}/\text{nm-km}$

<60> (4) 분산 기울기

<61> 1550nm : $0.023\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$

<62> (5) 모드필드경(MFD)

<63> 1460nm : $7.1\mu\text{m}$, 1530nm : $7.5\mu\text{m}$, 1550nm : $7.6\mu\text{m}$, 1625nm : $8.1\mu\text{m}$

<64> (6) 유효 단면적

- <65> 1460nm : $39\mu\text{m}^2$, 1530nm : $43\mu\text{m}^2$, 1550nm : $44\mu\text{m}^2$, 1625nm : $50\mu\text{m}^2$
- <66> 실시예 3
- <67> (1) 반경 : $r_1=3.12\mu\text{m}$, $r_2=5.56\mu\text{m}$, $r_3=9.92\mu\text{m}$
- <68> (2) 비굴절율차 : $\Delta_1(\%)=0.53\%$, $\Delta_2=-0.23\%$, $\Delta_3=0.10\%$
- <69> (3) 분산
- <70> 1460nm : 0.7ps/nm-km, 1530nm : 2.7ps/nm-km, 1550nm : 3.2ps/nm-km,
- <71> 1625nm : 4.8ps/nm-km
- <72> (4) 분산 기울기
- <73> 1550nm : 0.024ps/nm²-km
- <74> (5) 모드필드경(MFD)
- <75> 1460nm : $7.1\mu\text{m}$, 1530nm : $7.5\mu\text{m}$, 1550nm : $7.6\mu\text{m}$, 1625nm : $8.1\mu\text{m}$
- <76> (6) 유효 단면적
- <77> 1460nm : $40\mu\text{m}^2$, 1530nm : $44\mu\text{m}^2$, 1550nm : $45\mu\text{m}^2$, 1625nm : $51\mu\text{m}^2$
- <78> 실시예 4
- <79> (1) 반경 : $r_1=3.24\mu\text{m}$, $r_2=5.72\mu\text{m}$, $r_3=8.54\mu\text{m}$
- <80> (2) 비굴절율차 : $\Delta_1(\%)=0.48\%$, $\Delta_2=-0.17\%$, $\Delta_3=0.15\%$
- <81> (3) 분산

<82> 1460nm : 0.5ps/nm-km, 1530nm : 3.5ps/nm-km, 1550nm : 4.4ps/nm-km,

<83> 1625nm : 7.7ps/nm-km

<84> (4) 분산 기울기

<85> 1550nm : 0.043ps/nm²-km

<86> (5) 모드필드경(MFD)

<87> 1460nm : 7.8 μ m, 1530nm : 8.3 μ m, 1550nm : 8.4 μ m, 1625nm : 9.0 μ m

<88> (6) 유효 단면적

<89> 1460nm : 47 μ m², 1530nm : 53 μ m², 1550nm : 55 μ m², 1625nm : 62 μ m²

<90> 실시예 5

<91> (1) 반경 : r₁=3.37 μ m, r₂=5.77 μ m, r₃=9.35 μ m

<92> (2) 비굴절율차 : $\Delta_1(\%) = 0.50\%$, $\Delta_2 = -0.25\%$, $\Delta_3 = 0.14\%$

<93> (3) 분산

<94> 1460nm : 2.4ps/nm-km, 1550nm : 5.2ps/nm-km, 1625nm : 7.2ps/nm-km

<95> (4) 분산 기울기

<96> 1550nm : 0.026ps/nm²-km

<97> (5) 모드필드경(MFD)

<98> 1460nm : 7.4 μ m, 1550nm : 7.9 μ m, 1625nm : 8.4 μ m

- <99> (6) 유효 단면적
- <100> 1460nm : $43\mu\text{m}^2$, 1550nm : $49\mu\text{m}^2$, 1625nm : $55\mu\text{m}^2$
- <101> 실시예 6
- <102> (1) 반경 : $r_1=3.18\mu\text{m}$, $r_2=6.18\mu\text{m}$, $r_3=8.65\mu\text{m}$
- <103> (2) 비굴절율차 : $\Delta_1(\%)=0.51\%$, $\Delta_2=-0.19\%$, $\Delta_3=0.14\%$
- <104> (3) 분산
- <105> 1460nm : 2.4ps/nm-km, 1550nm : 5.2ps/nm-km, 1625nm : 7.3ps/nm-km
- <106> (4) 분산 기울기
- <107> 1550nm : $0.029\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$
- <108> (5) 모드필드경(MFD)
- <109> 1460nm : $7.3\mu\text{m}$, 1550nm : $7.8\mu\text{m}$, 1625nm : $8.2\mu\text{m}$
- <110> (6) 유효 단면적
- <111> 1460nm : $41\mu\text{m}^2$, 1550nm : $47\mu\text{m}^2$, 1625nm : $52\mu\text{m}^2$
- <112> 상기 실시예 1 내지 실시예 6에 있어서, 반경과 비굴절율차는 $\pm\%$ 의 제조공차(예를들어, 반경의 경우 $\pm 0.6\mu\text{m}$ 정도, 비굴절율차의 경우 $\pm 0.03\%$ 정도)를 가질 수 있다.
- <113> 상기 실시예 1 내지 6에 해당하는 광섬유의 파장별 분산 특성을 도 5a 및 도

5b에 나타내었다. 실시예 1 내지 4에 해당하는 광섬유는 1530nm 파장에서의 분산이 2.0ps/nm-km 이상이며, 양의 분산 기울기를 가진다. 실시예 5 및 6에 해당하는 광섬유는 1460nm 파장에서의 분산이 2.0ps/nm-km 이상이며 양의 분산 기울기를 가진다.

<114> 실시예 1 내지 6에 해당하는 광섬유의 파장별 모드필드경(MFD) 특성을 도 6a 및 도 6b에 나타내었다. 실시예 1 내지 6에 해당하는 광섬유는 1550nm 파장에서 7.0 μ m 이상의 모드필드경을 갖는다.

<115> 실시예 1 내지 6에 해당하는 광섬유의 유효 단면적 특성을 도 7a 및 도 7b에 나타내었다. 실시예 1 내지 4에 해당하는 광섬유는 1530nm 파장에서의 유효 단면적이 40 μ m² 이상이며, C-밴드 및 L-밴드에서도 40 μ m² 이상의 유효 단면적을 갖게 된다. 또한, 실시예 5 및 6에 해당하는 광섬유는 1460nm 파장에서의 유효 단면적이 40 μ m² 이상이며, S-밴드, C-밴드 및 L-밴드에서도 40 μ m² 이상의 유효 단면적을 갖게 된다.

<116> 이와같이, 실시예 1 내지 4에 해당하는 광섬유는 1530nm 보다 장파장대에서 2.0ps/nm-km 이상의 분산, 35 μ m² 이상의 유효 단면적을 가지므로, 전송 속도 10Gb/s, 채널 간격 50GHz인 시스템과 채널당 파워가 낮은 40Gb/s 전송 시스템에서 C-밴드, L-밴드 전송시 전송 특성 Q가 6이상이며, 양호한 특성을 지닌다. 또한, 실시예 1 내지 3에 해당하는 광섬유는 1625nm 파장에서의 분산이 6.0ps/nm-km 이하이므로 10Gb/s 전송 시스템에서 분산 보상 없이 170km 정도 전송 가능하다.

<117> 실시예 5 및 6에 해당하는 광섬유는 1460nm 보다 장파장대에서 2.0ps/nm-km 이상의 분산, $35\mu\text{m}^2$ 이상의 유효 단면적을 가지므로 전송 속도 10Gb/s, 채널 간격 50GHz인 시스템과 채널당 파워가 낮은 40Gb/s 전송 시스템에서 S-밴드, C-밴드, L-밴드 전송시 전송 특성 Q가 6이상이며, 양호한 전송 특성을 가진다. 또한, 실시예 5 및 6에 해당하는 광섬유는 1625nm 파장에서의 분산이 8.0ps/nm-km 이하이므로 10Gb/s 전송 시스템에서 분산 보상 없이 130km 정도 전송 가능하다.

<118> 이와같이, 본 발명에 해당하는 광섬유는 1550nm, 1625nm 파장에서의 손실이 0.25dB 이하이다. 케이블 차단파장이 1450nm이하이며, 1625nm 파장에서 구부림 반경 30mm, 100turns 조건에서 구부림 손실이 0.5dB 이하이다. 또한, 광섬유의 PMD (편광모드분산)는 $0.2\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ 이하이며, 10Gb/s 전송 시스템에서 4000km, 40Gb/s 전송 시스템에서 80km정도 전송할 수 있다.

<119> 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

<120> 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다

【발명의 효과】

<121> 본 발명은 전송 속도 10Gb/s 이상, 채널 간격 50GHz 이하, S-C-L 밴드 전체에 걸친 광대역폭을 갖는 파장분할다중 전송 시스템과 같은 고속, 대용량의 광통신 시스템에 사용하기에 적합하도록 분산, 분산기울기 및 유효단면적을 최적화시킨 광섬유를 제공한다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

파장분할 다중화 방식 전송시스템(Wavelength Division Multiflexing Transmission System)에 적합한 단일 모드 광섬유로서,

상기 광섬유는

(a) 광중심축에 위치하고, 광중심축으로부터의 반경이 r_1 이고, 비굴절율차가 Δ_1 인 제 1 코어영역과;

(b) 상기 제 1 코어영역을 둘러싸고, 광중심축으로부터의 반경이 r_2 이고, 비굴절율차가 Δ_2 인 제 2 코어영역과;

(c) 상기 제 2 코어영역을 둘러싸고, 광중심축으로부터의 반경이 r_3 이고, 비굴절율차가 Δ_3 인 제 3 코어영역과;

(d) 상기 제 3 코어영역을 둘러싸고, 광중심축으로부터의 반경이 r_4 이고, 비굴절율차가 Δ_4 인 클래드영역을 포함하고;

(e) 상기 각 영역의 반경은 $r_1 < r_2 < r_3 < r_4$ 의 관계를 가지고, 상기 각 영역의 비굴절율차는 $\Delta_1 > \Delta_2$, $\Delta_2 < \Delta_3$ 의 관계를 가지며;

(여기서, $\Delta_1(\%) = [(n_1 - n_c)/n_c] \times 100$, $\Delta_2(\%) = [(n_2 - n_c)/n_c] \times 100$, $\Delta_3(\%) = [(n_3 -$

$n_c)/n_c] \times 100$, n_1 : 제 1 코어영역의 굴절율, n_2 : 제 2 코어영역의 굴절율, n_3 : 제 3 코어영역의 굴절율, n_c : 클래드영역의 굴절율)

(f) 사용 파장대가 1460 ~ 1625nm이고, 1460nm에서 0.1 ~ 3.0ps/nm-km의 분산값을 갖고, 1550nm에서 3.0 ~ 5.5ps/nm-km의 분산값을 가지며, 1625nm에서 4.5 ~ 8.0ps/nm-km의 분산값을 갖는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 사용 파장대에서 양의 분산 기울기를 갖는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 3】

제 2 항에 있어서,

1550nm에서의 분산 기울기가 $0.023 \sim 0.05\text{ps/nm-km}^2$ 인 것을 특징으로 하는

광섬유.

【청구항 4】

제 3 항에 있어서,

1550nm에서의 유효 단면적이 $35 \sim 50\mu\text{m}^2$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 5】

제 3 항에 있어서,

1460nm에서의 유효 단면적이 $35 \sim 50 \mu\text{m}^2$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 6】

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

차단파장이 1450nm 이하인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 7】

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

영분산파장이 1460nm 이하에서 존재하는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 8】

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

1460nm에서 $0.3 \sim 2.4 \text{ps/nm-km}$ 의 분산값을 갖는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 9】

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

1550nm에서 $3.2 \sim 5.2 \text{ps/nm-km}$ 의 분산값을 갖는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 10】

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

1625nm에서 $4.8 \sim 7.7 \text{ps/nm-km}$ 의 분산값을 갖는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 11】

제 10 항에 있어서,

1625nm 파장에서 구부림 반경 30mm, 100turns 조건에서 구부림 손실이 0.5dB 이하인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 12】

제 1 항에 있어서,

i) 상기 제 1 코어 영역의 반경 $r_1=3.05\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_1(\%)=0.54\pm0.03\%$ 이며;

ii) 상기 제 2 코어 영역의 반경 $r_2=5.38\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_2=-0.20\pm0.03\%$ 이며;

iii) 상기 제 3 코어 영역의 반경 $r_3=9.96\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_3=0.07\pm0.03\%$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 13】

제 1 항에 있어서,

i) 상기 제 1 코어 영역의 반경 $r_1=3.05\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_1(\%)=0.55\pm0.03\%$ 이며;

ii) 상기 제 2 코어 영역의 반경 $r_2=5.75\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_2=-0.18\pm0.03\%$ 이며;

iii) 상기 제 3 코어 영역의 반경 $r_3=10.79\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_3=0.09\pm0.03\%$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 14】

제 1 항에 있어서,

i) 상기 제 1 코어 영역의 반경 $r_1=3.12\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_1(\%)=0.53\pm0.03\%$ 이며;

ii) 상기 제 2 코어 영역의 반경 $r_2=5.56\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_2 = -0.23\pm0.03\%$ 이며;

iii) 상기 제 3 코어 영역의 반경 $r_3=9.92\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_3 = 0.10\pm0.03\%$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 15】

제 1 항에 있어서,

i) 상기 제 1 코어 영역의 반경 $r_1=3.24\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_1(\%)=0.48\pm0.03\%$ 이며;

ii) 상기 제 2 코어 영역의 반경 $r_2=5.72\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_2 = -0.17\pm0.03\%$ 이며;

iii) 상기 제 3 코어 영역의 반경 $r_3=8.54\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_3 = 0.15\pm0.03\%$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 16】

제 1 항에 있어서,

i) 상기 제 1 코어 영역의 반경 $r_1=3.37\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_1(\%)=0.50\pm0.03\%$ 이며;

ii) 상기 제 2 코어 영역의 반경 $r_2=5.77\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_2 = -0.25\pm0.03\%$ 이며;

iii) 상기 제 3 코어 영역의 반경 $r_3=9.35\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_3 = 0.14\pm0.03\%$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 17】

제 1 항에 있어서,

i) 상기 제 1 코어 영역의 반경 $r_1=3.18\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_1(\%)=0.51\pm0.03\%$ 이며;

ii) 상기 제 2 코어 영역의 반경 $r_2=6.18\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_2 = -0.19\pm0.03\%$ 이며;

iii) 상기 제 3 코어 영역의 반경 $r_3=8.65\pm0.6\mu\text{m}$ 이고, 비굴절율차 $\Delta_3 = 0.14\pm0.03\%$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 18】

파장분할 다중화 방식 전송시스템(Wavelength Division Multiflexing

Transmission System)에 적합한 단일모드 광섬유로서,

상기 광섬유는

(a) 광중심축에 위치하고, 광중심축으로부터의 반경이 r_1 이고, 비굴절율차가 Δ_1 인 제 1 코어영역과;

(b) 상기 제 1 코어영역을 둘러싸고, 광중심축으로부터의 반경이 r_2 이고, 비굴절율차가 Δ_2 인 제 2 코어영역과;

(c) 상기 제 2 코어영역을 둘러싸고, 광중심축으로부터의 반경이 r_3 이고, 비굴절율차가 Δ_3 인 제 3 코어영역과;

(d) 상기 제 3 코어영역을 둘러싸고, 광중심축으로부터의 반경이 r_4 이고, 비굴절율차가 Δ_4 인 클래드영역을 포함하고;

(e) 상기 각 영역의 반경은 $r_1 < r_2 < r_3 < r_4$ 의 관계를 가지고, 상기 각 영역의 비굴절율차는 $\Delta_1 > \Delta_2$, $\Delta_2 < \Delta_3$ 의 관계를 가지며;

(여기서, $\Delta_1(\%) = [(n_1 - n_c)/n_c] \times 100$, $\Delta_2(\%) = [(n_2 - n_c)/n_c] \times 100$, $\Delta_3(\%) = [(n_3 - n_c)/n_c] \times 100$, n_1 : 제 1 코어영역의 굴절율, n_2 : 제 2 코어영역의 굴절율, n_3 : 제 3 코어영역의 굴절율, n_c : 클래드영역의 굴절율)

(f) 사용 파장대가 1460 ~ 1625nm이고, 1460nm에서 0.1 ~ 3.0ps/nm-km의 분

산값을 갖고, 1550nm에서 3.0 ~ 5.5ps/nm-km의 분산값을 갖고, 1625nm에서 4.5 ~ 8.0ps/nm-km의 분산값을 가지며;

(g) 1550nm에서의 분산 기울기가 $0.023 \sim 0.05\text{ps/nm-km}^2$ 이며;

(h) 1550nm에서의 유효 단면적이 $35 \sim 50\mu\text{m}^2$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 19】

제 18 항에 있어서,

1460nm에서의 유효 단면적이 $35 \sim 50\mu\text{m}^2$ 인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 20】

제 18 항에 있어서,

차단파장이 1450nm 이하인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 21】

제 18 항에 있어서,

영분산파장이 1460nm 이하에서 존재하는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 22】

제 18 항에 있어서,

1460nm에서 $0.3 \sim 2.4\text{ps/nm-km}$ 의 분산값을 갖는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 23】

제 18 항에 있어서,

1550nm에서 3.2 ~ 5.2ps/nm-km의 분산값을 갖는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 24】

제 18 항에 있어서,

1625nm에서 4.8 ~ 7.7ps/nm-km의 분산값을 갖는 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 25】

제 18 항에 있어서,

1625nm 파장에서 구부림 반경 30mm, 100turns 조건에서 구부림 손실이 0.5dB 이하인 것을 특징으로 하는 광섬유.

【청구항 26】

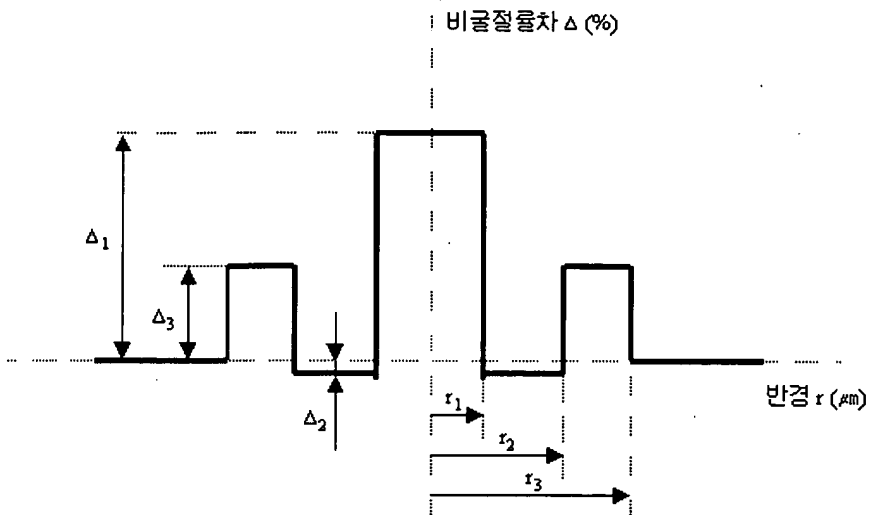
상기 청구항 1 또는 청구항 18의 단일모드 광섬유를 채용한 것을 특징으로 하는 광전송선.

【청구항 27】

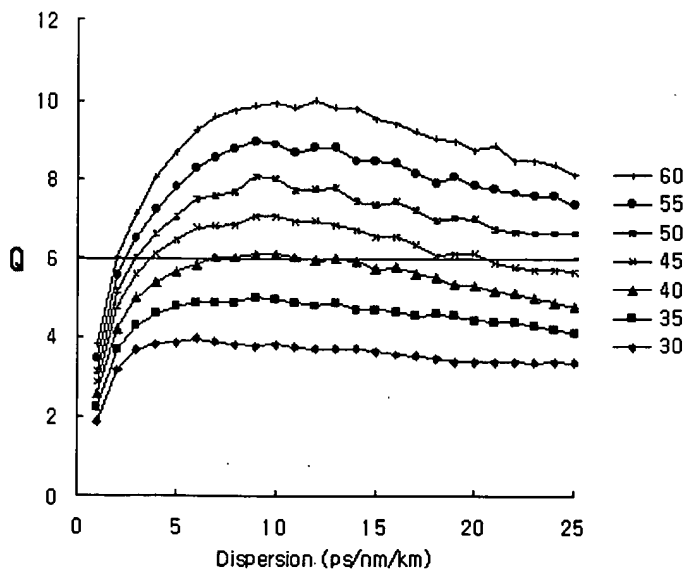
상기 청구항 26의 광전송선을 광전송 경로의 적어도 일부로 채용한 것을 특징으로 하는 광통신 시스템.

【도면】

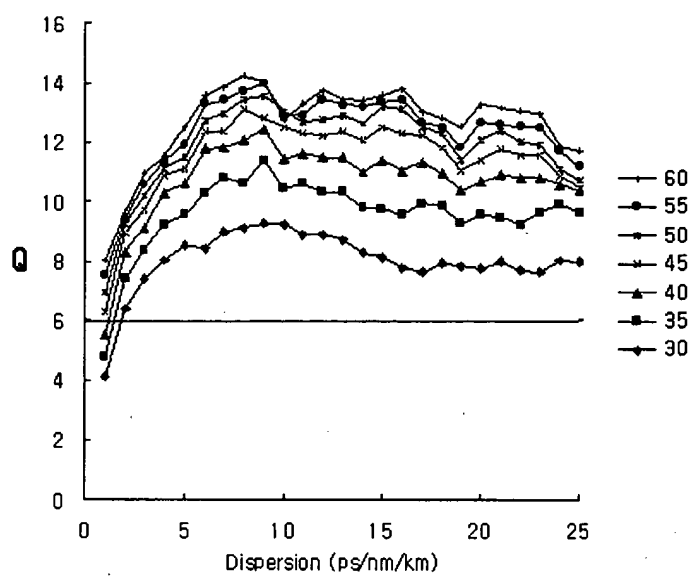
【도 1】



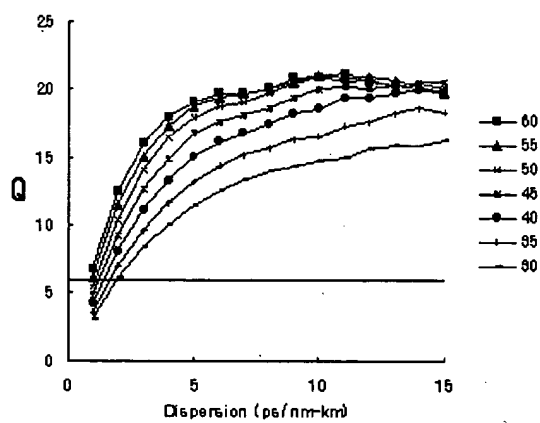
【도 2】



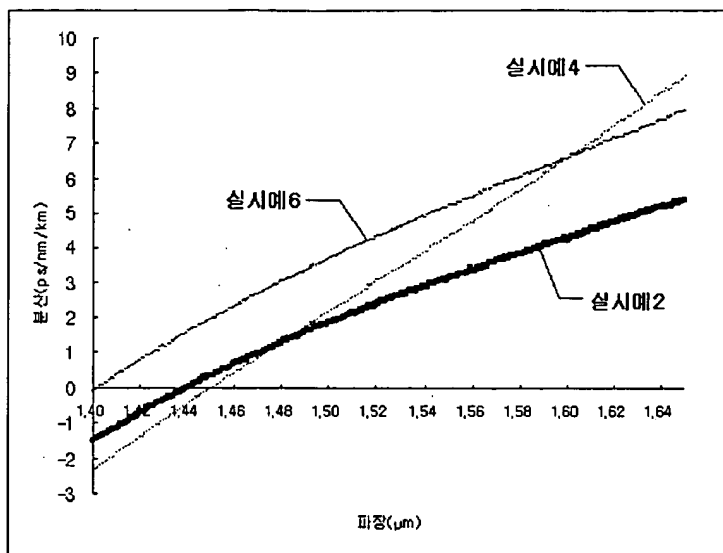
【도 3】



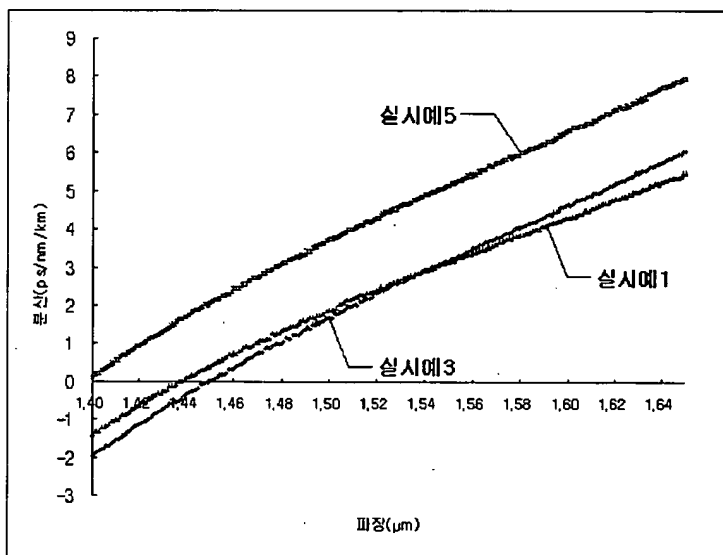
【도 4】



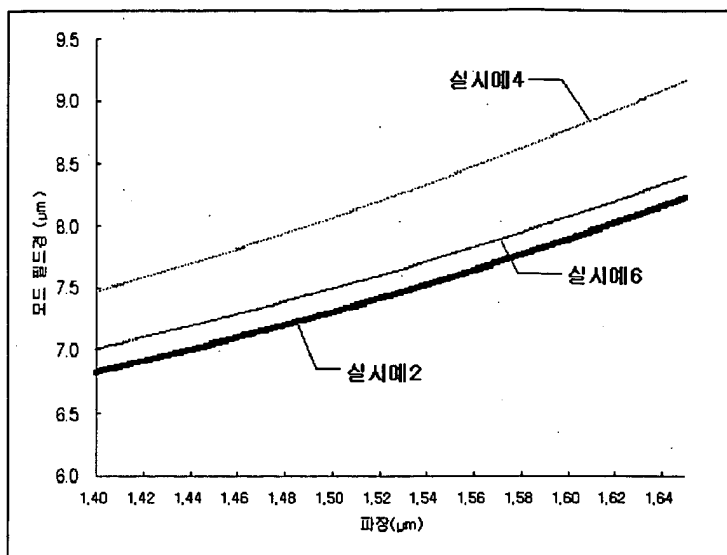
【도 5a】



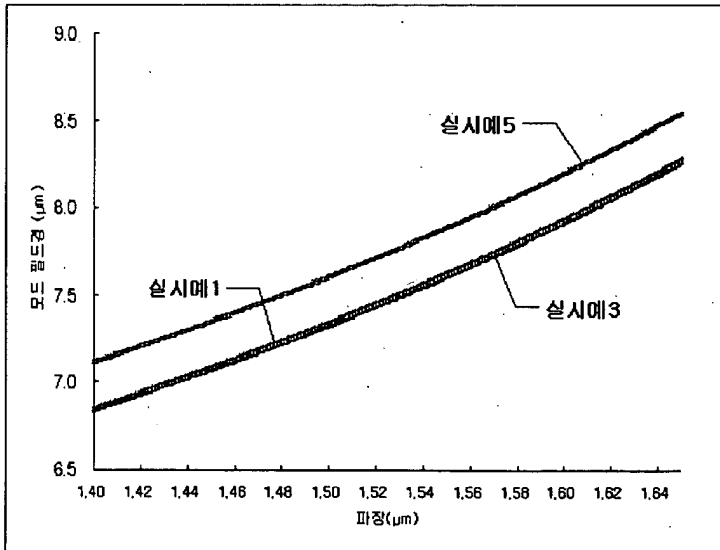
【도 5b】



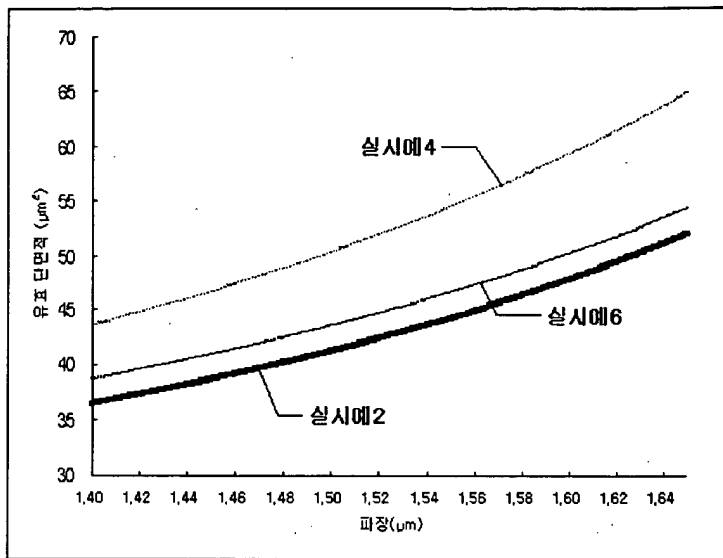
【도 6a】



【도 6b】



【도 7a】



【도 7b】

